5Ш

УДК 656.612

В.Г. Шерстюк
Херсонский национальный технический университет МОН Украины, г. Херсон
v_sherstyuk@bigmir.net

Динамическая сценарно-прецедентная интеллектуальная система для управления подвижными объектами

В статье рассматриваются структура и особенности реализации динамической сценарно-прецедентной системы реального времени «Муссон», предназначенной для управления подвижными объектами. Представлен подход, позволяющий снизить влияние «человеческого фактора» на качество и своевременность принятия решений оператором подвижного объекта.

Введение

Целенаправленно управляемые оператором или группой операторов подвижные объекты (ПО), перемещающиеся в заданном пространстве H, в процессе своего совместного движения формируют полиэргатическую сложную динамическую систему (СДС) Ω.

Одним из характерных свойств полиэргатических систем является зависимость состояния каждого из ПО A_i, находящегося на заданном пространстве H, и состояния СДС в целом, от целенаправленных управляющих воздействий операторов любого из ПО, находящихся в пределах некоторой области совместного движения Z_C пространства H. Другим характерным свойством указанного класса систем является то, что глобальная цель перемещения ПО устанавливается сверху – в пределах некоей управляющей надсистемы, в то время как конкретный план перемещения ПО формируется его оператором, исходя из сложившихся условий движения в заданном пространстве H.

В полиэргатических СДС зачастую возникает необходимость решения задачи диагностики либо предсказания нежелательных (критических или аварийных) ситуаций. Состояние СДС и поведение объектов в ней оценивается в процессе наблюдений (мониторинга), при этом исходная информация представляет собой последовательность измерений (параметров системы). Подсистема мониторинга преобразует поток наблюдений в упорядоченную во времени последовательность событий – поток событий.

Каждое событие интерпретируется как множество количественных, качественных или символьных оценок параметров, получаемых путем прямых либо косвенных измерений. Наличие или отсутствие в потоке событий определенного класса может быть основанием для выводов о возможном переходе СДС в то или иное состояние, о вероятных будущих событиях или поведении объектов.

Однако ограничения технических средств, наличие шумов и искажений приводят к неполноте, неточности и противоречивости информации. Как следствие, в наблюдаемой последовательности событий могут присутствовать шумовые события, пропуски событий, искажения их параметров и т.д.

Выявление причинно-следственных зависимостей между событиями и комбинациями событий в СДС является нетривиальной задачей, и зачастую возможно только после наработки определенной статистики наблюдений, при этом требуется непрерывное участие человека – оператора или эксперта. В условиях неполноты и неточности информации, при значительных объемах вычислений и существенных ограничениях во времени для оператора складываются информационно сложные ситуации [1], возникают серьезные риски и угрозы.

Актуальным способом снижения зависимости от «человеческого фактора» является автоматизация процессов принятия решений с использованием современных методов искусственного интеллекта. Значительный интерес на сегодняшний день представляет создание интеллектуальных систем управления ПО, а создание теоретических основ и формальных моделей функционирования данного класса ИС является одной из важнейших научно-технических задач.

Анализ публикаций по теме исследования

Вопросы использования для решения задач диагностики и предсказания в СДС ИС, основанных на правилах, рассматривались в [2], [3]. Данный подход имеет очевидные недостатки: во-первых, в СДС задача априорного построения исчерпывающего множества правил практически неосуществима; во-вторых, построенные множества правил весьма сложно адаптировать к динамическим изменениям условий наблюдения; в-третьих, системы правил требуют постоянного сопровождения и поддержки, что делает процесс их создания в значительной степени трудоемким и подверженным влиянию ошибок. Но главный недостаток предложенного подхода в том, что требуется верификация построенного множества правил на практике – во многих открытых предметных областях, например, при управлении подвижными объектами в сложных навигационных условиях, подобная верификация в принципе неосуществима.

Использование при решении поставленной задачи ИС, основанных на моделях, в открытых предметных областях также представляет значительную проблему ввиду сложности построения адекватных математических моделей для нестационарных и нелинейных процессов, происходящих в СДС, а упрощение используемых моделей приводит к существенному снижению точности [4], [5].

Наиболее подходящим инструментом в решении задачи разработки ИС диагностики и предсказания событий в СДС могли бы стать системы, основанные на прецедентах, которые действуют на основе принципов: «ситуациям свойственно повторяться» и «в подобных ситуациях могут быть приняты подобные решения» [6]. Однако существующие наработки в области построения прецедентных ИС приводят к статическим системам, основанным на четко заданных и определенных посредством множества достоверных и статичных свойств проблемной ситуации прецедентов с четко обозначенными границами [7].

В [8], [9] предложена концепция «непрерывных» прецедентных ИС (Continuous CBR) как развитие данного класса ИС для работы с ситуациями, развивающимися во времени. Важной особенностью этих ИС является циклическая, безостановочная организация процесса принятия решений, учитывающая динамику изменения внешней среды. Однако «непрерывные» прецедентные ИС ACBARRS и SINS, нашедшие применение для управления перемещением роботов, рассматривают входную и выходную информацию как векторы аналоговых величин, динамика ситуации в них отражается упрощенно посредством изменения значений параметров, а прецеденты содержат зависимости между значениями входных сигналов и соответствующими значениями выходных управляющих сигналов.

В [10] предложена концепция «беспрерывной» прецедентной ИС (Ceaseless CBR), работающей в квазиреальном времени, и предназначенной для обработки распределенного во времени непрерывного потока событий, формируемого внешней средой. Особенности ИС Alba и SOID, разработанных на основе рассматриваемой концепции, связаны с решением узкой задачи обнаружения вторжений в компьютерные сети, в них использованы статистические методы сравнения последовательностей событий, что препятствует применению данного подхода в других предметных областях. В то же время, к положительным сторонам концепции следует отнести ее ориентированность на обработку неточной и неполной исходной информации.

В [11] предложен подход к обработке протяженных во времени ситуаций, в котором для моделирования динамики используются совокупности временных рядов, включающих неточные и зашумленные данные. Рассматриваемый подход позволяет представить эволюцию состояний мира с помощью последовательности статических снимков числовых параметров во времени, на которые накладываются определенные ограничения. В основе подхода лежит теория временных интервалов Аллена [12], причем для зависимых во времени событий требуется наличие числовых оценок, которые не всегда могут быть получены на практике. Использование данного подхода показало его низкую эффективность в открытых системах, имеющих высокую динамику процессов и отличающихся неточностью и неполнотой исходной информации.

В [13-16] также рассматривались вопросы анализа динамики различных процессов в прецедентных ИС. Общий анализ состояния работ в рассматриваемой области показывает, что вопросы анализа динамики процессов, проистекающих в СДС, и связанные задачи диагностики и предсказания нежелательных ситуаций исследованы фрагментарно, а полученные модели являются узкоспециализированными, малоэффективными и слабо приспособленными к работе в реальных условиях, свойственных большинству технических и организационно-технических СДС.

Цель данной работы состоит в теоретическом исследовании сценарно-прецедентных динамических ИС как особого класса ситуационных ИС, в анализе их архитектуры и обосновании практических вопросов реализации ИС данного класса.

Модель совместного перемещения ПО

Совместное перемещение множества ПО A на некотором заданном пространстве H с системой координат $X0Y$ при воздействии внешней среды W образует открытую СДС Ξ [17]. Позиция движущегося ПО в пространстве H описывается парой координат (ξ, χ).

Оперирующий (т.е. тот, с позиции которого ведется рассмотрение ситуации) ПО A_0 движется, строго придерживаясь заранее установленного маршрута $\Re_0 \in \mathrm{H}$ и назначенного времени прибытия в конечную точку $T_к$.

Запланированный маршрут передвижения ПО $\Re$ представляет собой ломаную линию пути $\wp$ (рис. 1), начинающуюся в некоторой стартовой точке $(\xi_0, \chi_0) \in \Re$, заканчивающуюся в некоторой конечной точке $(\xi_к, \chi_к) \in \Re$, и состоящую из последовательности элементарных сегментов $s_i, i = \overline{1..n}$, чаще всего прямолинейных, соединяющихся между собой в точках пути (WP) (ξ_i, χ_i).

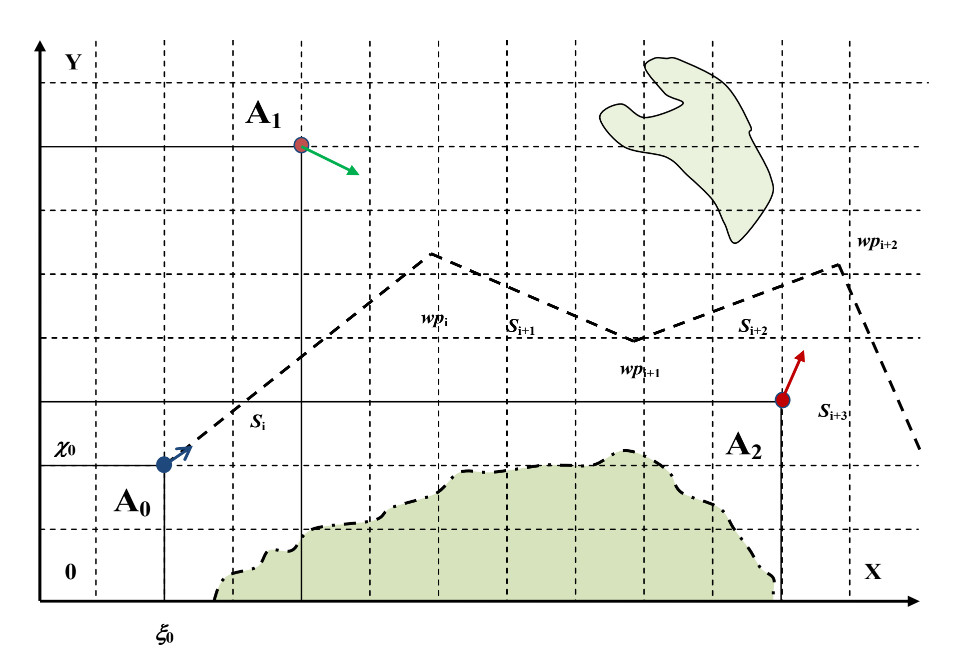


Рисунок 1 – Совместное перемещение подвижных объектов в пространстве Н

Передвигаться по заданному маршруту ПО A_0 должен безопасно, избегая различных навигационных опасностей и уклоняясь в движении от других (окружающих) ПО. Начальная и конечная точки маршрута установлены свыше, в то время как точки пути планируются оператором и зависят от многих факторов, в том числе известных на момент планирования характеристик ПО и внешней среды W. Запланированный маршрут передвижения $\Re$ может динамически изменяться при появлении различных неизвестных на момент планирования навигационных либо ситуационных возмущений.

ПО в процессе перемещения подвержены стохастическим воздействиям внешней среды W. Кроме того, для каждого ПО известна более или менее упрощенная модель $\mathrm{M_H}$ его перемещения в пространстве.

Параметры движения ПО $\{x\}$ (например, курс K, скорость V, угловая скорость ψ), а также параметры взаиморасположения ПО (пеленг B, дистанция D) могут быть измерены в каждый момент времени t с некоторой точностью имеющимися техническими средствами в области контроля $Z_C \in \mathrm{H}$.

Для каждого ПО задано множество возможных управляющих воздействий $\{u\}$, причем выбор оператором некоторого управляющего воздействия u приводит к изменению определенных параметров движения ПО согласно заданному закону λ_u.

Поскольку каждый из A_i, $i = \overline{0..m} \in \Xi$ реализует целенаправленное движение по запланированному маршруту $\Re_{A_i}$, СДС Ξ является полиэргатической системой [18]. Это означает, что каждый оператор ПО A_i принимает решения по изменению маршрута $\Re_{A_i}$ на основании своей схемы целей, критериев и оценок состояния СДС, которые в общем случае неизвестны операторам окружающих ПО. Согласование схем принятия решений в условиях дефицита времени практически нереализуемо, соответственно, действия операторов окружающих ПО являются во многом непредсказуемыми, а траектории движения ПО – зачастую непрогнозируемыми.

Чем стесненнее пространство Н и плотнее движение в нем (т.е. чем больше m), чем значительнее воздействия внешней среды и чем интенсивнее влияние навигационных и ситуационных возмущений, тем сложнее оператору производить корректные изменения маршрута ПО.

Уровни управления ПО

Управление ПО оператором рассматриваться на трех иерархических уровнях (рис. 2).

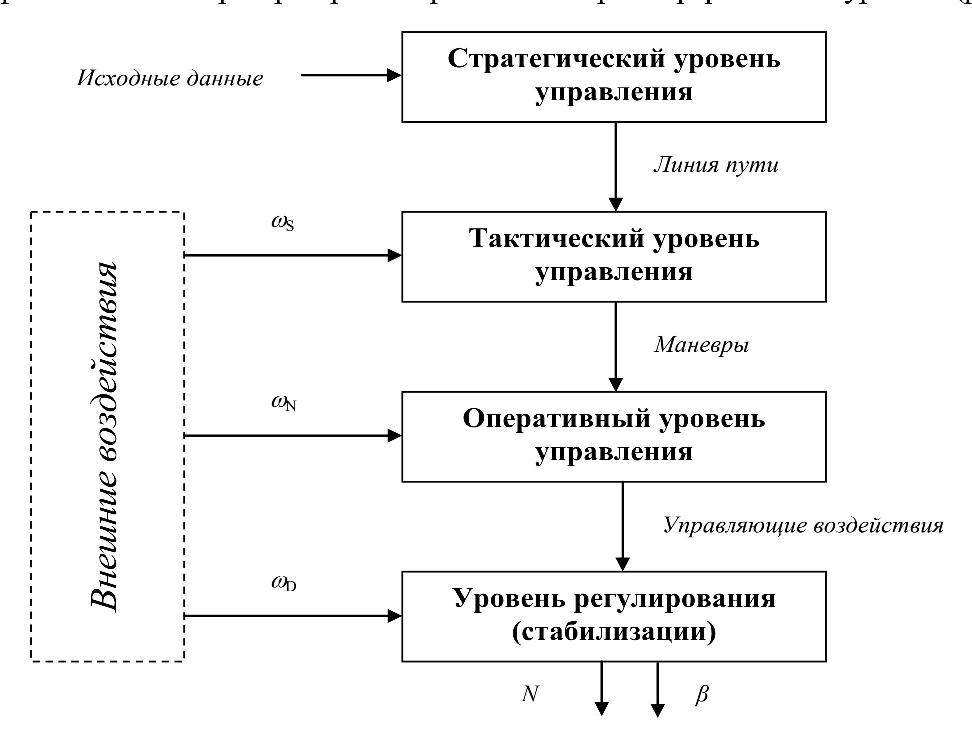


Рисунок 2 – Уровни управления ПО

Верхний уровень управления ПО является по своей сути уровнем планирования, имеет дело с установлением целей перемещения ДО в виде запланированного множества точек пути $\overline{WP}$ и сегментов $\bar{s}$ при наличии системы критериев Q. Его можно назвать стратегическим уровнем управления, а планируемые для достижения поставленных целей пути движения – *стратегиями* (*планами*).

Средний уровень управления ПО является уровнем выбора необходимой линии поведения для достижения цели в условиях ситуационных возмущений ω_S, и может быть назван тактическим уровнем управления, а выполняемые для преодоления ситуационных возмущений компенсации линии пути – *маневрами* (*сценариями*).

Нижний уровень управления ПО решает задачу проводки ПО по заданной тактическим уровнем траектории в условиях навигационных возмущений ω_N путем коррекции режимов движения, и может быть назван оперативным уровнем управления, а выполняемые для поддержания траектории компенсации режимов движения – *управляющими воздействиями*.

Использование парадигмы планов, сценариев и прецедентов приводит к идее использования для управления ПО на всех трех представленных уровнях сценарно-прецедентного подхода.

Сценарно-прецедентный подход к управлению ПО

В динамических сценарно-прецедентных ИС, предназначенных для информационной поддержки операторов ПО, процесс изменения маршрута $\Re$ моделируется с помощью планов, сценариев и управляющих воздействий [19].

План δ включает описание целей (точек пути $\overline{WP}$) и сценариев Σ их достижения, и может быть сопоставлен с множеством операций изменения параметров движения ПО:

$$\delta = \left\langle WP_{s,} \left\{ \Sigma_i , WP_{k_i} \right\}, \mu_i \middle| i \in 1..n \right\rangle , \tag{1}$$

где WP_s – исходная точка пути, $WP_s = (\xi_s, \chi_s)$;

Σ_i – сценарий;

$WP_{k\,i}$ – конечная (целевая) точка пути в случае выполнения сценария Σ_i, $WP_{k_i} = (\xi_{k_i}, \chi_{k_i})$;

μ_i – оценка возможности достижения целевой точки $\sigma_{k\,i}$ при выполнении плана δ.

Сценарий Σ может рассматриваться как кортеж, состоящий из текущей точки пути, целевой точки пути и множества векторов управляющих воздействий для достижения целевого состояния:

$$\Sigma_i = \{\bigcup_{j=1}^{n} \alpha_j\};\ WP_{j+1} = \alpha_j (WP_j);\ \alpha_j = \overline{U}_j . \tag{2}$$

В общем случае, *вектор управляющих воздействий* $\overline{U}_j$ имеет вид:

$$\overline{U}_j = \bigcup_{i=1}^{l} \langle t_i , \Delta u_i \rangle , \tag{3}$$

где t_i – момент времени установления значений;

Δu_i – относительное изменение значения управляемой переменной u_i.

Элементарным фрагментом сценария является *управляющее воздействие* U, $U \in \Theta$, где Θ – множество допустимых воздействий.

Прецедент можно рассматривать как интеллектуальное средство формирования плана компенсации ситуационных возмущений; решение прецедента – как план действий (маневров), направленных на компенсацию ситуационных возмущений, а элементарный фрагмент плана действий – как сценарий.

Сценарии, в свою очередь, рассматриваются как элемент формирования управляющих воздействий на исполнительные органы ПО, реализующий компенсацию возмущений. Сценарий является средством обеспечения адаптации возможных путей достижения состояний (в данном случае – точек пути) к изменяющимся параметрам внешней среды.

Уместный план и сценарии выбираются ИС исходя из степени близости текущей ситуации σ_t к некоторому прецеденту σ_i. Для оценки близости текущей ситуации и прецедентов ИС необходимо оценить текущее состояние СДС Ξ.

Архитектура ИС «Муссон»

На основе указанного подхода разработаны ИСППР управления ПО в сложных навигационных ситуациях «Бриз-С», в основе которой лежит динамическая сценарно-прецедентная ИС «Муссон».

На рис. 3 представлены задачи управления ПО, решаемые с помощью ИСППР «Бриз-С».

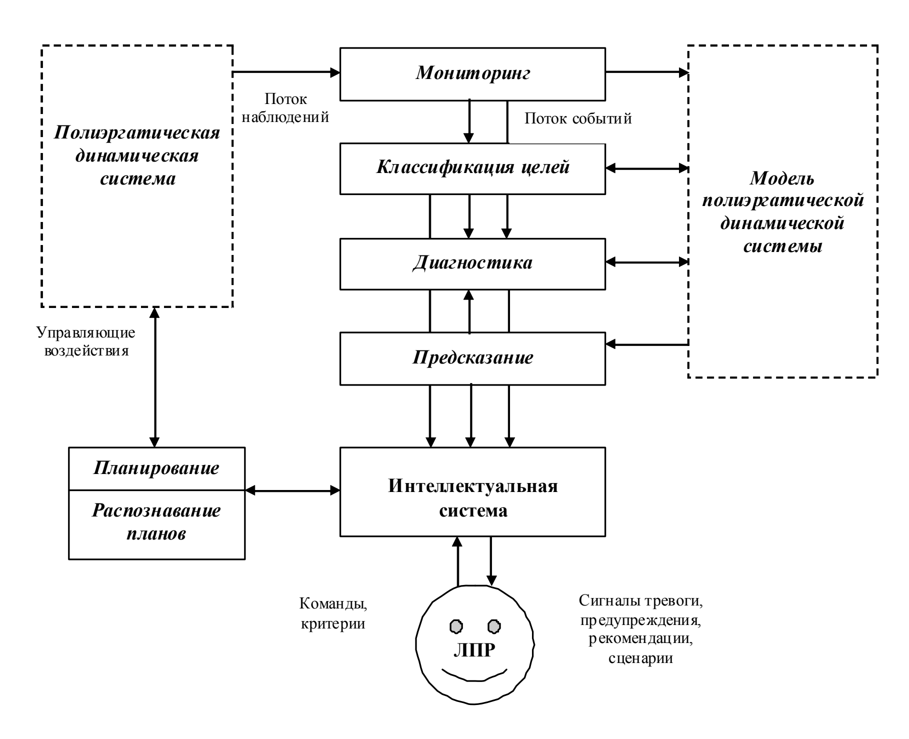


Рисунок 3 – Задачи управления ПО, решаемые с помощью ИСППР «Бриз-С»

Отслеживая изменения во времени $\{x\}$, система решает задачу мониторинга [20]. Результатом мониторинга являются фиксируемые в СДС Ξ события, например «изменение направления движения A_i», «изменение скорости движения A_i». Поскольку мониторинг ведется с определенной дискретностью (например, каждые 30 с), в ИС формируется поток событий, являющийся основанием для дальнейшего анализа динамики ситуации с целью предсказания возможных действий операторов и, соответственно, возможных изменений маршрутов окружающих ПО.

При этом, основываясь на наблюдении изменений параметров движения ПО A_i, можно на основе имеющихся в ИС «Муссон» прецедентов установить сценарий Σ_{A_i}, выполняемый данным ПО, предположить возможный план δ_{A_i} и, оценив $WP_{A\,i}$, спрогнозировать маршрут $\Re_{A_i}$. На основании полученной в результате информации можно спланировать маршрут $\Re_{A_0}$, что и является предназначением ИСППР «Бриз-С».

Важным аспектом является необходимость работы ИСППР в реальном времени, что не позволяет использовать хорошо апробированные классические методы построения прецедентных систем ввиду их значительной вычислительной сложности.

Одним из главных требований к ИСППР является требование по быстродействию – за время, пока собирается и записывается информация на момент времени t_{k+1},

ИСППР должна оценить ситуацию, и в случае необходимости корректировки линии пути найти уместный прецедент и предложить оператору адекватный вариант сценария управляющих воздействий.

На рис. 4 представлена структура динамической сценарно-прецедентной ИС «Муссон».

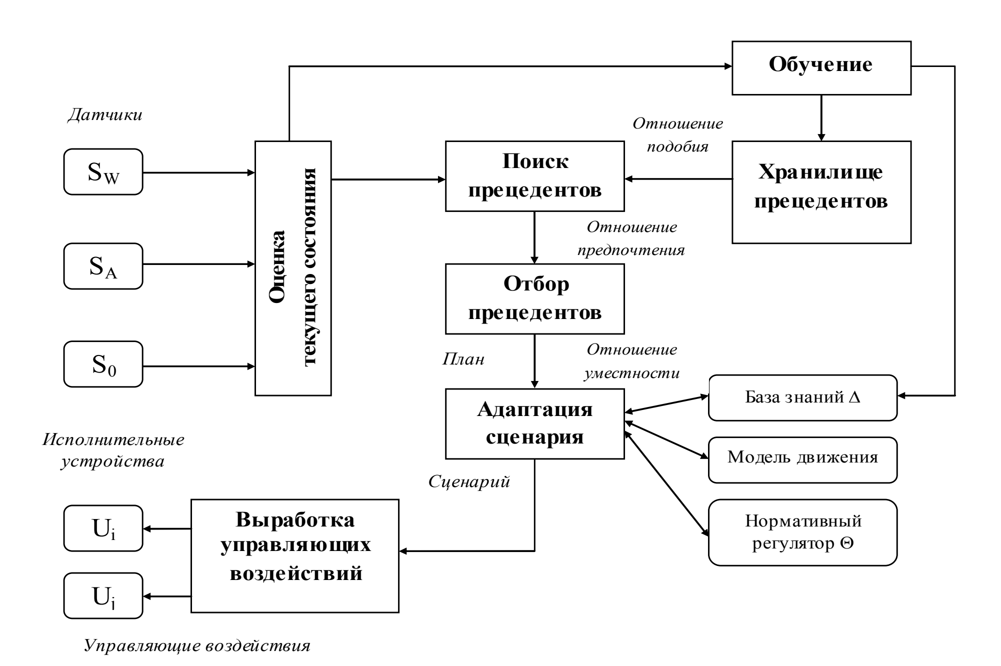


Рисунок 4 – Структура ИС «Муссон»

Для обеспечения необходимых характеристик быстродействия в качестве основы ИС «Муссон» используется модель правдоподобного дерева событий (ПДС) [21]. Важно, что сложность точного вывода на ПДС линейно зависит по времени от размера имеющейся ПДС, что необходимо для ИС реального времени.

На основе наблюдаемых потоков событий ИС строит ПДС, при этом для определения подобия между потоком событий текущей ситуации и прецедентами выполняется сегментация потока событий. Далее производится последовательное совмещение сегментов потока событий с прецедентами, и на основе оценки суммы затрат на выполнение совмещения определяется динамическое подобие текущей ситуации имеющимся прецедентам.

Метод динамической оценки подобия, основанный на принципе максимально возможного совмещения потоков, имеет линейную оценку вычислительной сложности и зависит исключительно от длин сравниваемых потоков. Данный метод работоспособен в условиях неполной и неточной информации [18].

Особенности реализации ИС «Муссон»

Проанализируем основные аспекты построения ИС. Реализация ИС требует решения следующих базовых вопросов:

1. **Выбор способа представления информации для поиска и хранения прецедентов**.

Теория предметной области Δ может быть представлена как множество формул и правил на некотором языке представления знаний Λ. Уместно информацию, описывающую сложившуюся навигационную ситуацию, представлять на том же языке

Λ, что даст возможность прозрачно выполнить «погружение» прецедента в модель пространства Η методом конкатенации.

Обратим внимание, что язык Λ:

– должен быть логическим, т.е. позволять представить теорию предметной области Δ в логической форме (с использованием множества предложений языка Λ);

– должен иметь выразительные средства, достаточные для отображения в Δ отношений между объектами с помощью логических предикатов и модальностей;

– должен допускать неполноту и неточность имеющейся информации;

– должен адекватно представлять информацию о пространственно-временных отношениях в Δ.

Таким образом, представление информации о ситуации в прецедентах ИС имеет формат множества логических формул. Представление решения прецедента задано используемой формальной моделью в виде последовательности n сценариев $\{\Sigma_1,...\Sigma_n\}$, ведущей к искомой цели G. В качестве базового языка Λ в ИС «Муссон» используется комбинированный язык *LCL*, включающий в себя операторы модальных и дескриптивной логик.

2. Построение адекватной функции оценки подобия прецедентов.

Известно, что принятая функция подобия является «мотором» сценарно-прецедентной ИС, поскольку эффективность ИС во многом определяется именно адекватностью функции подобия. Как правило, в прецедентных ИС используют функции подобия, основанные на использовании различных модификаций метода ближайшего соседа. Данному методу свойственна неэффективность при работе с неполными и неточными («зашумленными») данными. Поскольку предметная область является открытой и динамичной, известные методы построения отношения подобия на основе деревьев решений, семантической индексации и т.д. непригодны.

Гранулярность структуры прецедентов данного класса ИС позволяет использовать при построении функции подобия математический аппарат нечетких и приближенных множеств.

Одним из способов обеспечения эффективности функции подобия является использование регулируемых порогов различимости, а также динамически изменяющихся весовых коэффициентов для различных характеристик состояний.

Другим направлением повышения эффективности ИС при поиске прецедентов на основе функции подобия является предварительная классификация проблемной ситуации в сочетании с кластеризацией хранилища прецедентов, причем система классификации и, соответственно, индексации прецедентов обладает способностью динамического обновления.

3. Построение функции предпочтения целей.

Для любой проблемной ситуации в хранилище прецедентов ИС «Муссон» возможно существование нескольких прецедентов, имеющих различную постановку достижимых целей и соответственно различные решения. Используемая функция предпочтения позволяет ИС выбрать в соответствии с используемой парадигмой управления ПО (позиционно-целевого управления [19]) некоторую одну цель, для достижения которой ИС выделит адекватное подмножество прецедентов из полученного на основе функции подобия множества близких к проблемной ситуации прецедентов.

4. Построение функции оценки уместности прецедентов.

Подмножество прецедентов, отобранных для достижения некоторой предпочтительной цели, также может включать ряд альтернативных прецедентов с различными сценариями достижения цели. Выбор единственного («опорного») прецедента из

данного подмножества выполняется на основе оценки уместности предполагаемого решения и соответственно возможности достижения целевого состояния. Основой для выполнения указанного оценивания является отношение релевантности и обратное ему отношение диссонанса [22].

5. Адаптация решения к проблемной ситуации.

Поскольку прецедент является подобным проблемной ситуации, но не эквивалентным ей, возникает вопрос – использовать ли решение прецедента «как есть», или произвести его корректировку для обеспечения требуемой адекватности решения.

ИС, не имеющая корректной реализации механизма адаптации решений, пригодна для информационной поддержки решений в реальном времени лишь в случае полного совпадения (эквивалентности) проблемной ситуации и прецедента. Отметим, что именно задача адаптации решений является наиболее сложной и трудоемкой задачей при разработке сценарно-прецедентной ИС.

В ИС «Муссон» решением прецедента является сценарий (или множество сценариев). Для адаптации решений прецедентов используется метод корректировки сценариев управляющих воздействий на основе последовательности погружений в контекст.

6. **Управление хранилищем прецедентов**.

В открытых динамических системах размер хранилища прецедентов при автоматическом их накоплении может быть значительным, число прецедентов может исчисляться десятками тысяч. Кроме того, в рассматриваемой предметной области решение многих задач информационной поддержки оператора (например, задачи предсказания поведения, распознавания планов операторов окружающих ПО) требует записи последовательности смены состояний СДС в динамике («поток событий»), что негативно сказывается на объеме хранилища прецедентов.

В то же время, ограничения времени поиска прецедентов при работе в реальном времени не позволяют обеспечить эффективное функционирование ИС при указанных объемах хранилища. Механизмом, ограничивающим рост размеров хранилища прецедентов, является динамическое поддержание заданного уровня компетентности ИС [23], при этом решения прецедентов для сходного класса проблемных ситуаций обобщаются, а повторные прецеденты в хранилище не сохраняются. В основе данного механизма лежит отношение достижимости состояний.

7. **Построение плана в случае, если подходящий прецедент для проблемной ситуации не найден.**

В рассматриваемой предметной области независимо от того, найден ли подходящий для построения плана прецедент или нет, гарантированная безопасность движения обеспечивается тем, что любое возмущение должно быть своевременно скомпенсировано. Следовательно, сценарно-прецедентная ИС «Муссон» обязательно должна входить в состав гибридной бортовой ИСППР, в которой имеются альтернативные модели [24], [25].

Выводы

Анализ особенностей управления ПО показал возможность использования для реализации ИС управления ПО сценарно-прецедентного подхода. Предложенный подход дает возможность рассматривать задачу управления ПО как задачу поиска решения по прецедентам, адаптируя к текущей навигационной ситуации хранящийся в прецеденте сценарий управляющих воздействий.

Представлена структура динамической сценарно-прецедентной ИС «Муссон», выявлены особенности ее реализации. Показаны классы задач управления ПО, которые возможно решать с помощью динамических сценарно-прецедентных ИС. Проведен анализ архитектуры ИС и обоснованы практические вопросы реализации ИС «Муссон».

Предложены меры по обеспечению требуемого для работы в режиме реального времени быстродействия ИС.

Показано, что применение ИС «Муссон» в информационно сложных для оператора ПО ситуациях приводит к снижению влияния человеческого фактора на качество и своевременность принятия решений.

Литература

1. Сиек Ю.Л. Принципы синтеза интеллектуальных систем управления морскими динамическими объектами / Ю.Л. Сиек, Соэ Мин Лвин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 448-456.
2. Hellerstein J.L. Discovering Actionable Patterns in Event Data / J.L. Hellerstein, S. Ma, C.S. Perng. // IBM Systems Journal. – 2002. – Vol. 41. – № 3. – P. 475-492.
3. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М. : Вильямс, 2006. – 1408 с.
4. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – М. : Вильямс, 2003. – 864 с.
5. Wu S. Model selection for dynamic processes / S. Wu, P.A. Flach // In ECML/PKDD'02 workshop on Integration and Collaboration Aspects of Data Mining, Decision Support and Meta-Learning. – University of Helsinki, 2002. – P. 168–173.
6. Aamodt A. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approach-hes / A. Aamodt, E. Plaza // AI Communications. – 1994. – Vol. 7. – № 1. – P. 39-59.
7. Pal S.K. Foundation of Soft Case-Based Reasoning / S.K. Pal, S.C.K. Shiu. – New Jersey : J. Viley & Sons, 2004. – 274 p.
8. Ram A. Continuous Case-Based Reasoning / A. Ram, J.C. Santamarıa // Proceedings of the AAAI-93 Workshop on Case-Based Reasoning, 1993. – P. 86-93.
9. Likhachev M. Spatio-Temporal Case-Based Reasoning for Behavioral Selection / M. Likhachev, R.C. Arkin // Proceedings of International Conference of Robot Applications (ICRA). – 2001. – P.1627-1634.
10. Martin F.J. Case-Based Sequence Analysis in Dynamic, Imprecise, and Adversarial Domains / F.J. Martin : tesi doctoral by Universitat Politecnica De Catalunya, 2004. – 285 p.
11. .Jaere M.D. Representing temporal knowledge for case-based prediction / M.D. Jaere, A. Aamodt, P. Skaalle // Advances in case-based reasoning: Lecture Notes in Artificial Intelligence. – Springer, 2002. – № 2416. – P. 174-188.
12. Allen J.F. Maintaining Knowledge About Temporal Intervals / J.F. Allen // Communications of the ACM. – 1983. – Vol. 26, № 11. – P. 832-843.
13. Melendez J. Refinement of Electric Load Forecasting Reusing Past Instances and Contextual Based Adaptation / J. Melendez, R. Vilcahuaman // Proc. Of Workshop on Applying CBR to Time Series Prediction. – The Fifth International Conference on Case-Based Reasoning, 2003. – P. 242-251.
14. Hansen B.K. Weather Prediction Using Case-Based Reasoning and Fuzzy Set Theory / B.K. Hansen // CS Master Thesis. – Technical University of Nova Scotia, 2000. – 269 p.
15. Zehraoui F. CBR System for Sequence Prediction CASEP / F. Zehraoui // Proc. Of Workshop on Applying CBR to Time Series Prediction. – The Fifth International Conference on Case-Based Reasoning, 2003. – P. 260-269.
16. Stan S. Toward Accurate Dynamic Time Warping In Linear Time And Space / S. Stan, C. Philip // Intelligent Data Analysis. – 2007. – Vol. 11, № 5. – P. 561-580.
17. Мальцев А.С. Система управления движением судна / А.С. Мальцев // Судовождение. – 2001. – Вып. 3. – С. 106-121.
18. Шерстюк В.Г. Логико-вероятностный подход к оцениванию состояния динамической системы / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 3 (39). – С.514-520.
19. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентный подход к формированию управляющих воздействий в системе управления морского подвижного объекта / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 2 (6). – С. 69-77.
20. Шерстюк В.Г. Мониторинг навигационных ситуаций в интеллектуальной системе управления движением судна / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 1 (5). – С. 74-80.
21. Шерстюк В.Г. Использование деревьев событий для представления знаний в динамических прецедентных интеллектуальных системах / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № 2 (41). – С. 306-317.
22. Шерстюк В.Г. Отбор прецедентов на основе отношения релевантности в гибридной сценарно-прецедентной СППР / В.Г. Шерстюк // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону. – 2006. – Вип. 3. – С. 313-333.

23. Шерстюк В.Г. Структурная декомпозиция интеллектуальной СППР реального времени сценарно-прецедентного типа / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2008. – № 2 (4). – С. 85-94.
24. Шерстюк В.Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по управлению судном в условиях неполной и противоречивой информации / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Судовожде-ние. – 2007. – Вып. 14. – С. 141-144.
25. Шерстюк В.Г. Гибридная интеллектуальная СППР для управления судном / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 490-500.

Literatura

1. Siek Ju.L. Iskusstvennyj intellekt. № 4. 2009. S 448-456
2. Hellerstein J.L. IBM Systems Journal. Vol. 41. №3. 2002. P 475-492
3. Rassel S. Iskusstvennyj intellekt: sovremennyj podhod. M.:Vil’jams. 2006. 1408 s.
4. Ljuger Dzh. Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody reshenija slozhnyh problem. M.: Vil’jams. 2003. 864 s.
5. Wu S. ECML/PKDD’02 workshop on Integration and Collaboration Aspects of Data Mining, Decision Support and Meta-Learning. University of Helsinki. 2002. P 168-173
6. Aamodt A. AI Communications. Vol. 7. №1. 1994. P 39-59
7. Pal S. K. Foundation of Soft Case-Based Reasoning. New Jersey: J. Viley & Sons. 2004. 274 p.
8. Ram A. Proceedings of the AAAI-93 Workshop on Case-Based Reasoning. 1993. P 86-93
9. Likhachev M. Proceedings of International Conference of Robot Applications (ICRA). 2001. P1627-1634
10. Martin F.J. Case-Based Sequence Analysis in Dynamic, Imprecise, and Adversarial Domains.Tesi doctoral by Universitat Politecnica De Catalunya. 2004. 285 p.
11. Jaere M.D. Advances in case-based reasoning: Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer. № 2416. 2002. P 174-188
12. Allen J.F. Communications of the ACM. Vol. 26. №11. 1983. P 832-843
13. Melendez J. Proc. Of Workshop on Applying CBR to Time Series Prediction. The Fifth International Conference on Case-Based Reasoning. 2003. P 242-251
14. Hansen B.K. Weather Prediction Using Case-Based Reasoning and Fuzzy Set Theory. CS Master Thesis. – Technical University of Nova Scotia. 2000. 269 p.
15. Zehraoui F. Proc. Of Workshop on Applying CBR to Time Series Prediction. The Fifth International Conference on Case-Based Reasoning. 2003. P 260-269
16. Stan S. Intelligent Data Analysis. Vol. 11. № 5. 2007. P 561-580
17. Mal’cev A.S. Sudovozhdenie. Vyp. 3. 2001. S 106-121
18. Sherstjuk V.G. Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehnicheskogo universiteta. № 3(39). 2010. S 514-520
19. Sherstjuk V.G. Problemy informacionnyh tehnologij. №2(6). 2009. S 69-77
20. Sherstjuk V.G. Problemy informacionnyh tehnologij. №1(5). 2009. S 74-80
21. Sherstjuk V.G. Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehnicheskogo universiteta. № 2(41). 2011. S 306-317
22. Sherstyuk V.G. Modelyuvannya ta keruvannya stanom ekoloho-ekonomichnyx system rehionu. Vyp. 3. 2006. s. 313-333
23. Sherstjuk V.G. Problemy informacionnyh tehnologij. №2(4). 2008. S 85-94
24. Sherstjuk V.G. Sudovozhdenie. Vyp. 14. 2007. S 141-144
25. Sherstjuk V.G. Iskusstvennyj intellekt. № 3. 2008. S 490-500

В.Г. Шерстюк
Динамічна сценарно-прецедентна інтелектуальна система для управління рухомими об’єктами
У статті розглядаються структура та особливості реалізації динамічної сценарно-прецедентної системи реального часу «Муссон», що призначена для управління рухомим об’єктами. Представлено підхід, який дозволяє знизити вплив «людського фактора» на якість і своєчасність ухвалення рішень оператором рухомого об’єкта.

V.G. Sherstyuk
Dynamic Scenario-Case Intelligent System for the Moving Objects Control
The structure and features of dynamic scenario-case real time system «Monsoon» which is designed to control the moving objects is considered in the article. The approach that reduces the influence of the «human factor» on the quality and timeliness of decision-making operator for a moving object is presented.

Статья поступила в редакцию 22.06.2011.